



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Målinger af stive jordarters deformationer og styrker i triaxialapparat

Jacobsen , Moust

Publication date:
1968

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Jacobsen , M. (1968). *Målinger af stive jordarters deformationer og styrker i triaxialapparat.*

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Måling af stive jordarters deformationer og styrker i triaxialapparat. Avancerede metoder for bygnads-, materialforskning og -prøvning. Helsinki, 1968.

Målinger af stive jordarters deformationer og styrker i triaxialapparat

Civilingeniør Moust Jacobsen, Geoteknisk Instituts Forskningsafdeling, København.

Metode:

Måling i laboratoriet af jordarters styrkeegenskaber på små cylindriske jordprøver. Som et sekundært resultat fås også de tilhørende deformationer.

Forudsætning

Brudbetingelsen:

$$\tau_f = \bar{c} + \bar{\sigma}_f \tan \bar{\phi}$$

hvor τ_f er forskydningsspændingen i brudtilstanden, $\bar{\sigma}_f$ den tilhørende normalspænding i kornskelettet (den "effektive" normalspænding).

\bar{c} og $\bar{\phi}$ er de "effektive" styrkeparametre.

Kendes kornskelettets spændinger ikke på grund af umålte over- og undertryk i porevandet, må man benytte den udræmede forskydningsstyrke c_u , der fås af:

$$\tau_f = c_u = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)f$$

hvor σ_1 er største hovedspænding, $\sigma_2 = \sigma_3$ er de mindste hovedspændinger.

Omkostninger

Normalt en laborant i en dag pr. forsøg. En forsøgsserie er normalt på mindst 3 forsøg. Omfanget af en undersøgelse kan dog variere meget.

Anvendelse

Ved funderingsopgaver, hvor usædvanlige jordbundsforhold eller dimensioner af bygværket gør et nøjere kendskab til jorden ønskelig.

Normalt apparatur

På fig. 1 ses en principskitse af en normal triaxialcelle.

Inde i cellen er prøven placeret på en filtersten, der gennem cellens bund er i forbindelse med en volumenændringsmåler eller et poretryksmålingsudstyr. Oven på prøven placeres et plexiglastrykhoved og prøven indesluttet af en gummimembran, der hindrer prøvens porevand i at blandes med vandet i cellen. Cellens vand er i forbindelse med manometre, manostater og skruekontroller og kan underkastes indtil 10 atm tryk. Celletrykket påvirker prøven med et alsidigt tryk (σ_3).

Cellen består af en plexiglas cylinder, en bund og en top, der spændes sammen af tre langsgående bolte. Gennem topstykket føres et stempel med afrundet ende ned til øvre trykhoved. Herigennem kan prøven påføres et tryk ($\sigma_1 - \sigma_3$), der måles med en kraftring, placeret udenfor cellen, hvor også den lodrette deformationsmåling foregår. Prøven er cylinderformet og dobbelt så høj som bred. Prøven kan underkastes forskellige kraftpåvirkninger, hvorved det er muligt at bringe den i en brudtilstand. Den lodrette spænding er her altid den største. Det omtalte apparat er udviklet til måling på bløde jordarter. Af denne grund er der ikke gjort så meget for at eliminere apparatfejl. Af sådanne kan nævnes (idet numrene refererer til fig. no. 1)

1. Den lodrette kraft måles uden for cellen og man måler derfor også friktion ved stempel.
2. Kraftmåleren består af mange dele og ændrer derved kalibrering ved stødpåvirkninger.
3. Den lodrette deformation måles gennem et utal af apparatdele, der alle giver et bidrag til deformationen, der kan tolkes som sammentrykning af prøven, nemlig
 - 3.1 Diverse kugler mod kugleskåle. Er prøven ikke godt centreret, fås kraftoverføring, før disse dele er i fuldkommen kontakt; er en af fladerne snavset, kan støvkorn knuses under kraftpåvirkningen.
 - 3.2 Deformationer i plexiglastrykhovedet.
 - 3.3 Indpresning af filtersten i prøve og apparat.
 - 3.4 Deformationer i bund, top og boltenes gevind.

På figur 2 ses de deformationer, der måles, hvis prøven erstattes af en massiv metalcylinder.

Ved isotrop konsolidering kan man ikke måle den lodrette sammentrykning, uden at stempelstangen påvirker prøven.

4. Prøven drænes gennem filterstenen i bunden; det er næppe muligt at undgå luftbobler mellem prøve og filter, hvad der påvirker både volumenændringsmålinger og poretryksmålinger.
5. Prøven er i fast forbindelse med bundpladen, hvorved en vandret påvirkning af stempelstangen næppe kan undgås. Herved forøges friktionen ved stemplet.

6. Den alvorligste indvending er dog, at der anvendes ru trykhoveder og dobbelt højde af prøven, hvorved selve det teoretiske grundlag forrykkes for stive jordarter (f.eks. forbelastet ler). Disse udvider sig normalt i brud fordi kornene i jorden ligger så tæt, at de ellers ikke kan passere hinanden.

Den anvendte definition af \bar{c} og $\bar{\phi}$ forudsætter ensformige spændinger i hele prøven (fig. 3), men her fås en skrå brudflade. Årsagen er, at hvis brud begynder at udvikles, vil jorden udvide sig og blive svagere, og bruddet vil blive i dette område. Brudfladen er meget smal, og poretallet kendes ikke heri. Bruddet forløber som to stive klodser, der glider på hinanden med et svagere materiale imellem. Herved ændres $\bar{\phi}$ næsten ikke, medens \bar{c} er stærkt afhængig af poretallet. Den udrænedes forskydningsstyrke måles til ca. 50% af den korrekte udrænedes forskydningsstyrke (målt ved pladeforsøg).

Den lodrette deformationsmåling har ingen interesse.

Nyt apparatur

På figur 4 ses det nye apparat, der ikke har de førømtalte fejl.

1. Cellens øvre del er fyldt med olie og heri er kraftmåleren placeret. Friktion måles ikke med.
2. Kraftmåleren er udført i et stykke. Måleuret sidder fast heri. Måleområdet afhænger kun af fligtykkelsen, og det er derfor muligt at fremstille målere med forskellige områder til samme pris som en serie ens. Måleren påvirkes ikke af stød (se fig. 5). Spalten lukker før brud i måler.
3. Deformationsmålerne er også placeret inden i cellen, og målingen foregår så direkte som muligt fra øvre til nedre trykhoved.
4. Prøven drænes, hvis det er en lerprøve, udelukkende gennem omfangsdræn, idet trykhovedet er forsynet med filtersten på siden. Drænene går fra øvre til nedre trykhoved og en gennemskylning kan gøres effektiv, fordi den kan foregå uden om prøven.

Ved sandforsøg findes en mindre filtersten i midten af begge trykhoveder.

5. Prøven er placeret på en justerplade og kan centreres ved hjælp af tre justerskruer. På øvre trykhoved er placeret en kugleskål, der

kan slutte forbindelsen med stemplet uden ukontrollerede kraftpåvirkninger.

6. Trykhovederne, der anvendes, er af såkaldt "glat" type. (fig. 6) 3 . Med en membran og siliconfedt på glaspladen kan prøvehøjden være lig med diametren uden at indflydelsen af trykhovederne kan mærkes. For sand må man dog anvende fra 4 - 8 membraner og man får væsentlige deformationer ved indpresning af sandkorn i membranerne. Ved brud bevares cylinderformen, (se fig. 3). Deformationer og spændinger er næsten ensformige. Deformationsmålingerne kan derfor anvendes ved sætningsberegning.

Eksempler

1. Den udrænedede forskydningsstyrke målt i det nye apparat er for moræneler 93% af vingestyrken (spredning ~ 3%).
2. De effektive styrkeparametre måles noget større, specielt måles \bar{c} større. På fig. 7 ses en sammenligning for moræneler.
3. Deformationerne måles langt mindre. På fig. 8 er vist forsøg med samme moræneler, men i forskellige apparater. Deformationerne er 10 gange så store i det gamle apparat.
4. At deformationerne er rimelige i det nye apparat, kan ses ved en sætningsberegning. Der sammenlignes her et gennemsnit af seks plade-forsøg, hvor pladen først er støbt fast til jorden, og en sætningsberegning på grundlag af forsøg udført i det nye apparat. Beregningen tager hensyn til sideudvidelsen (fig. no. 9).

Resume

Det er vist, at med et nyt konstrueret triaxialapparat er det muligt at måle spændinger og deformationer, der er i væsentlig bedre overensstemmelse med andre observationer end de i øjeblikket gængse apparater.

Litteratur

1. Bishop, Alan W. and Henkel, D.J., 1957: The measurements of soil properties in the triaxial test. London 1957.
2. Jacobsen, Moust: Måling af stive jordarters styrker og deformationer. Upubliceret. Udkommer som D.G.I.-bulletin i 1967.

3. Rowe, P.W., and Barden L., 1964: Importance of free ends in triaxial testing. Proc. ASCE, Vol. 90, SM 1, Jan. 1964, p. 1-27.

Figurtekster

- Fig. 1. Princip i normal apparattype.
- Fig. 2. Apparatdeformationer i nyt og i normalt apparat.
- Fig. 3. Jordprøvens udseende ved brudforsøg med ru trykhoveder ($H=2D$) og med glatte trykhoveder ($H=D$).
- Fig. 4. Det nye apparat.
- Fig. 5. Kraftramme, udviklet til indvendig måling.
- Fig. 6. Glat trykhoved. System ved gennemskylning af filtre.
- Fig. 7. Sammenligning af morænelers effektive styrkeparametre målt i nyt og gammelt apparat.
- Fig. 8. Sammenligning af deformationer, målt i nyt og gammelt apparat men på samme slags jord.
- Fig. 9. Sammenligning af sætningsberegning (med sideudvidelse) og gennemsnit af 6 pladeforsøg på samme jordart.

Normalt triaxialapparat

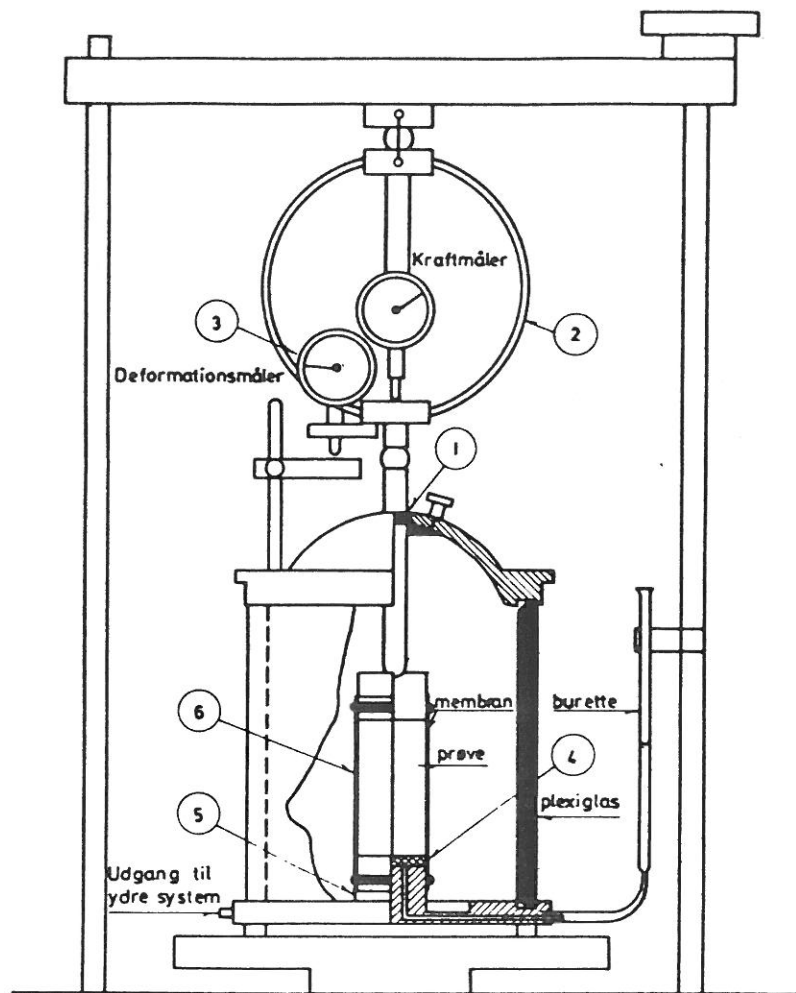


Fig. 1.

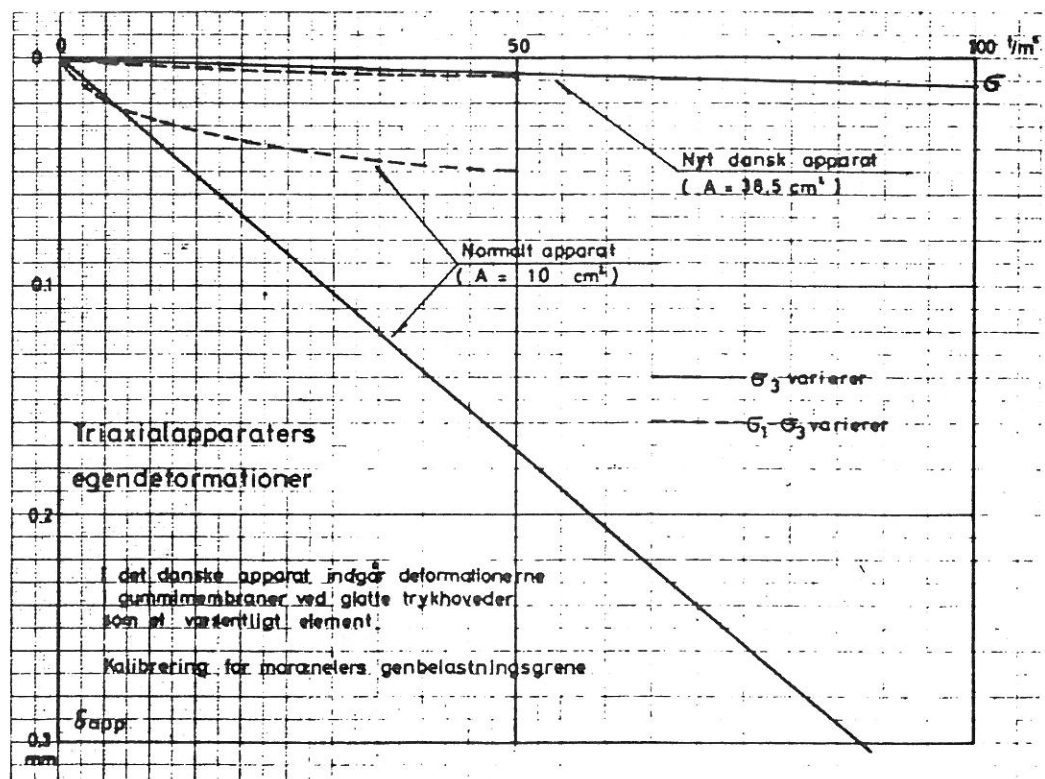


Fig. 2.

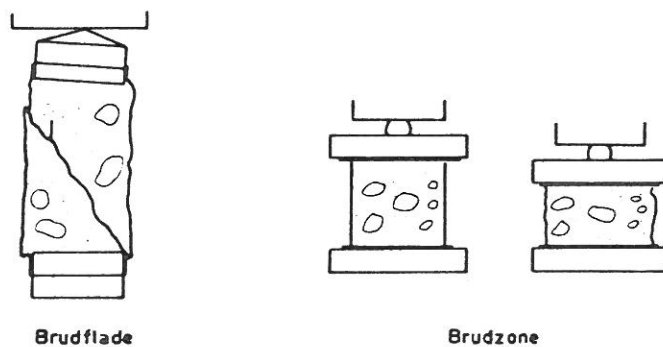


Fig. 3.

Dansk triaxialapparat med morænelersprøve
Top og bund vist delvis gennemskåret

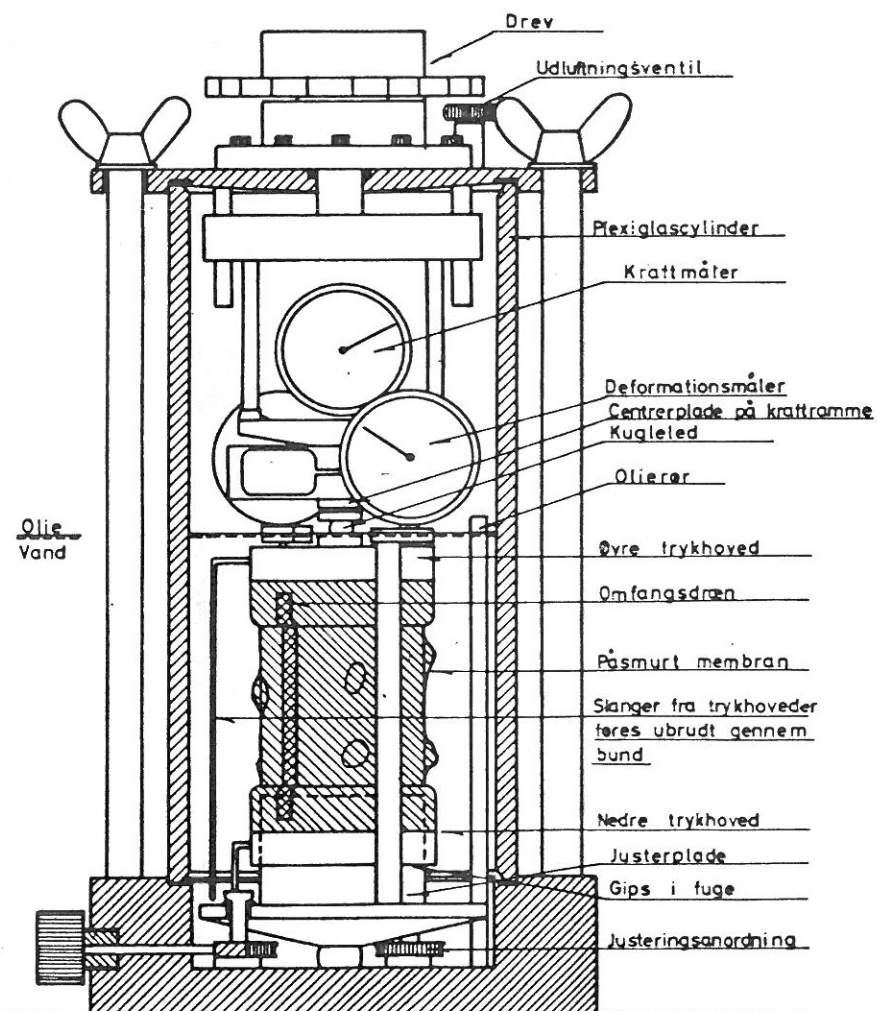


Fig. 4.

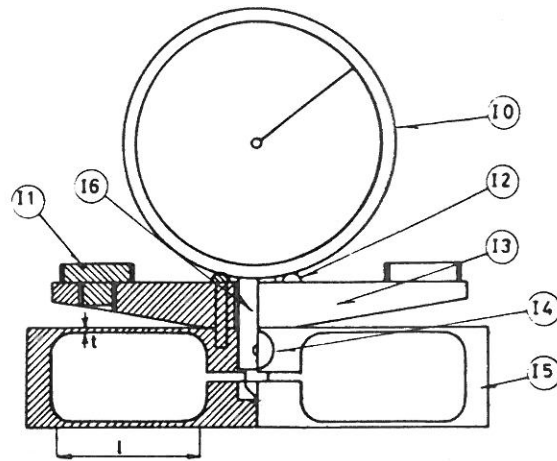


Fig. 5.

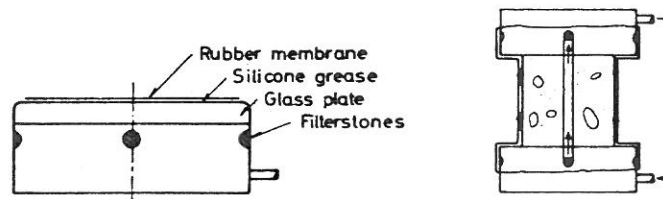


Fig. 6.

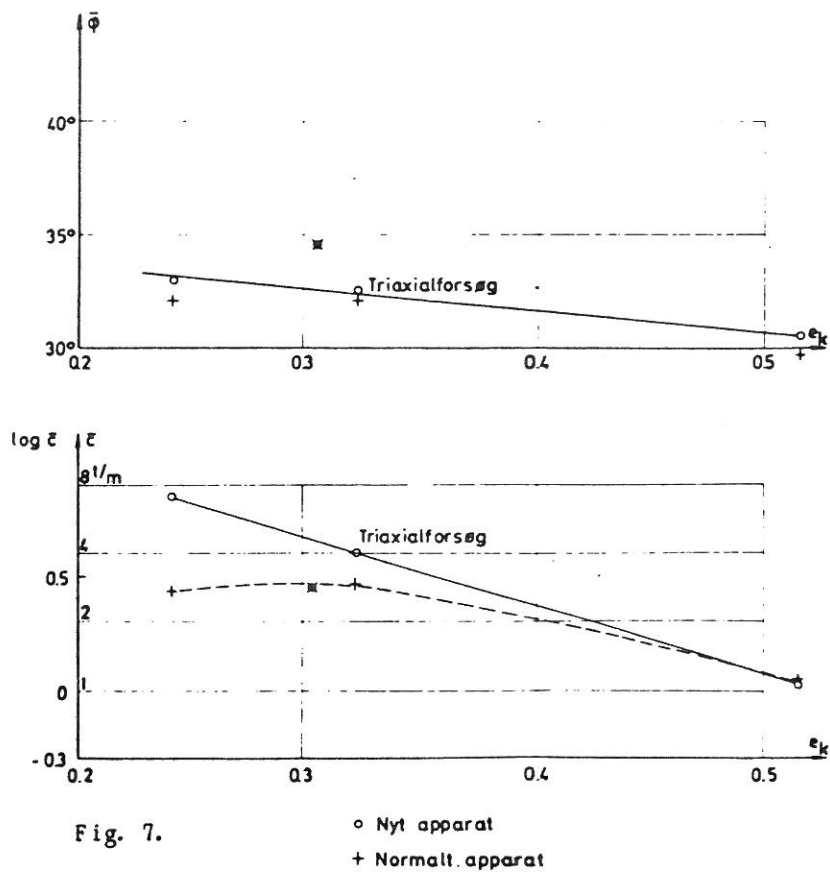


Fig. 7.

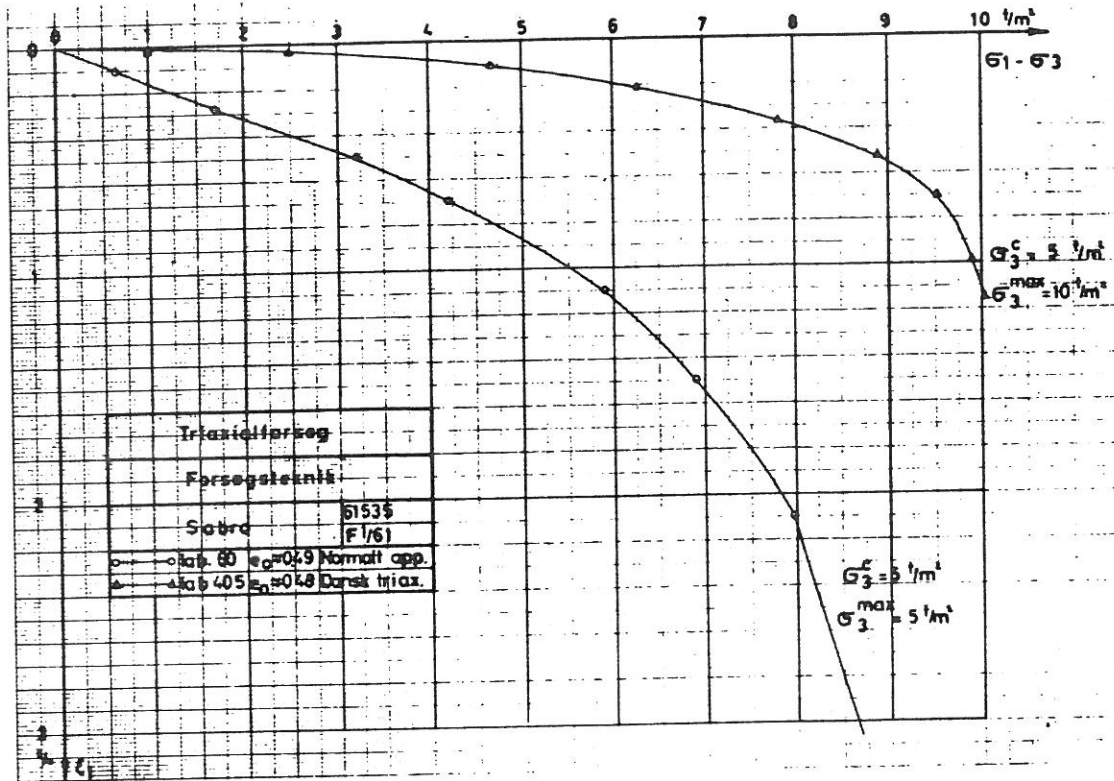


Fig. 8.

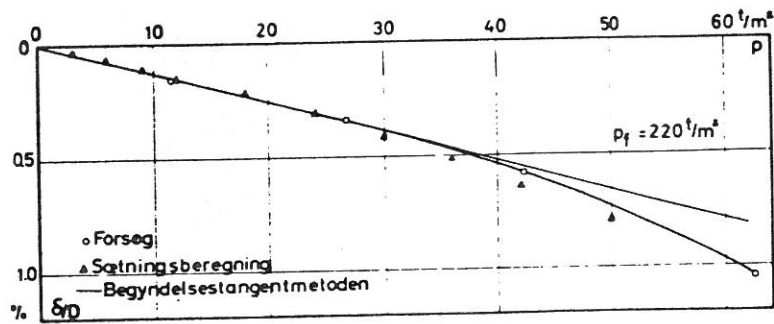


Fig. 9.